
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

**First Semester Examination
Academic Session 2008/2009**

*Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2008/2009*

NOVEMBER 2008

**EPP 451/3 - ROBOTICS AND AUTOMATION
ROBOTIK DAN AUTOMASI**

Duration : 3 hours

Masa : 3 jam

INSTRUCTION TO CANDIDATE :

ARAHAN KEPADA CALON :

Please check that this paper contains **FOURTEEN** (14) printed pages and **SIX** (6) questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **EMPAT BELAS** (14) mukasurat dan **ENAM** (6) soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FIVE** (5) questions only.

*Jawab **LIMA** (5) soalan sahaja.*

You may answer in **English** or **Malaysia**.

*Calon boleh menjawab dalam **Bahasa Inggeris** atau **Bahasa Malaysia**.*

Each question must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

- Q1. [a] A PanaRobo robot is connected to a sliding table that has a pneumatic cylinder and two magnetic sensors through Output 7, Input 9 and Input 11 respectively. Draw the electrical and pneumatic circuits connecting the devices.**

Sebuah robot PanaRobo disambungkan kepada sebuah meja meluncur yang mempunyai satu silinder pneumatik dan dua penderia magnet melalui Output 7, Input 9 dan Input 11. Lukis litar-litar elektrik dan pneumatik yang menyambungkan peranti-peranti tersebut.

(25 marks/markah)

- [b] A PanaRobo robot is required to pick a work-piece from a location PW1 and place it to another location PW2. Write a program for the robot do the task with the speed of 120 mm/s for continuous path and 60% for point to point. The pneumatic gripper is connected to Output 1.**

Sebuah robot PanaRobo diperlukan bagi mengambil satu bahan-kerja dari satu lokasi PW1 dan meletaknya ke satu lokasi lain PW2. Tulis satu aturcara bagi robot melakukan tugas dengan kelajuan 120 mm/s bagi laluan berterusan dan 60% bagi titik ke titik. Penggenggam pneumatik disambung kepada Output 1.

(30 marks/markah)

- [c] The flow chart in Figure Q1[c] shows the task of PanaRobo robot to pick a component from a sliding table and place it on an assembly station. The Output 1, 3 and 7 of the robot are connected to the gripper, clamping cylinder and sliding table cylinder respectively. The input 11 and 13 of the robot are connected to the magnetic sensor at the sliding table pneumatic cylinder and the optical sensor at the gripper respectively. Write a program for the robot according to the given flow chart.**

Carta alir dalam Rajah S1[c] menunjukkan tugas robot PanaRobo bagi mengambil komponen dari sebuah meja meluncur dan meletakkannya di atas satu stesyen pemasangan. Output 1, 3 dan 7 robot tersebut masing-masing disambung kepada penggenggam, silinder mengapit dan silinder meja meluncur. Input 11 dan 13 robot tersebut masing-masing disambung kepada penderia magnet pada silinder meja meluncur dan penderia optik pada penggenggam. Tulis satu aturcara bagi robot tersebut mengikut carta alir yang diberikan.

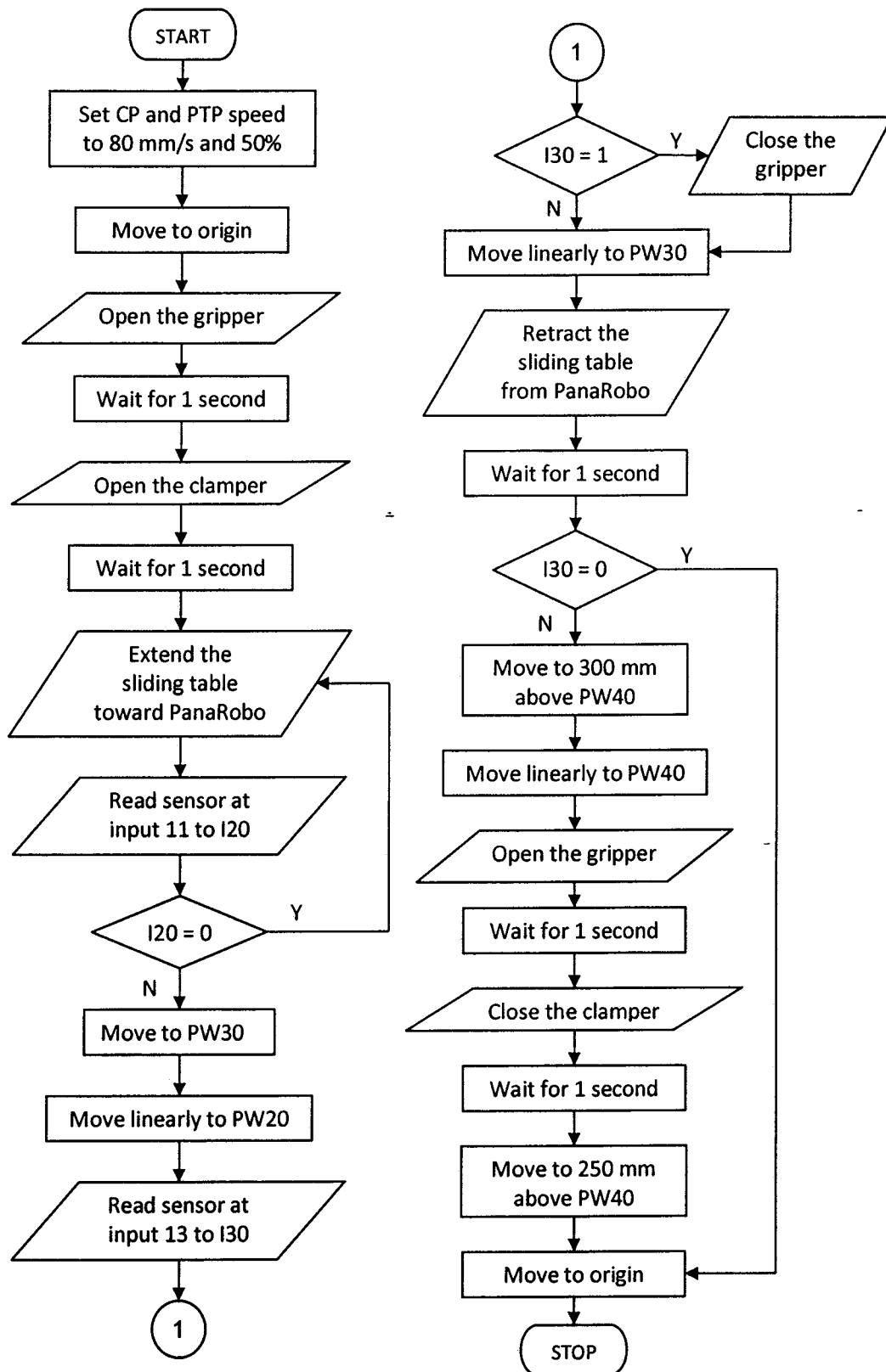


Figure Q1[c]
Rajah S1[c]

(45 marks/markah)

- Q2. [a]** A gantry robot has x, y, z and r axes driven by stepper motors. The motors are controlled by two motor controllers. Between each motor and controller there is a motor driver. The drivers are the same for all axes except z axis. Explain the function of the motor driver and why the driver for the z axis is different.

Sebuah robot gantri mempunyai paksi x, y, z and r yang dipacu oleh motor pelangkah. Motor-motornya dikawal oleh dua pengawal motor. Antara setiap motor dan pengawal terdapat satu pemacu motor. Pemacu-pemacunya sama bagi semua paksi kecuali paksi z. Terangkan fungsi pemacu motor dan mengapa pemacu bagi paksi z berlainan.

(30 marks/markah)

- [b]** A gantry robot has z and r axes driven by stepper motors with 1.8° per step resolution. The first motor is connected to the z axis through a ball screw with 4 mm pitch. The second motor is connected to the r axis through a gear box with 10:1 ratio.

Sebuah robot gantri mempunyai paksi z dan r yang dipacu oleh motor pelangkah dengan resolusi 1.8° per langkah. Motor pertama disambung kepada paksi z melalui satu skrew berbola dengan angkul 4 mm. Motor kedua disambung kepada paksi r melalui satu kotak gear dengan nisbah 10:1.

- (i)** Calculate the required unit value to convert from step to mm or degree for each axis.

Kira nilai unit diperlukan bagi menukar dari langkah ke mm atau darjah untuk setiap paksi.

- (ii)** Calculate the operating speed in Hz if the z and r axes are required to move 0.3 m/s and 180 degree/s respectively.

Kira laju operasi dalam Hz jika paksi z dan r masing-masing perlu bergerak 0.3 m/s dan 180 darjah/s.

- (iii)** Write the commands required to set the unit and operating speed in the z and r motor controller.

Tuliskan arahan yang perlu bagi menentukan unit dan laju operasi dalam pengawal motor z dan r.

(40 marks/markah)

- [c] A gantry robot is required to move the x and y axes simultaneously to a position 2.9 and 1.7 m relative to the home respectively. Then, it moves the y axis to a distance 2.1 m from the current position. Finally, it moves the x axis to a distance -1.6 m from the current position. Write a program for that task and determine the final position relative to the home.

Sebuah robot gantri diperlukan bagi menggerakkan paksi x dan y serentak ke satu posisi masing-masing 2.9 dan 1.7 m merujuk kepada asalan. Kemudian, ia menggerakkan paksi y ke satu jarak 2.1 m dari posisi semasa. Akhirnya, ia menggerakkan paksi x ke satu jarak -1.6 m dari posisi semasa. Tulis satu aturcara untuk tugas tersebut dan tentukan posisi akhir merujuk kepada asalan.

(30 marks/markah)

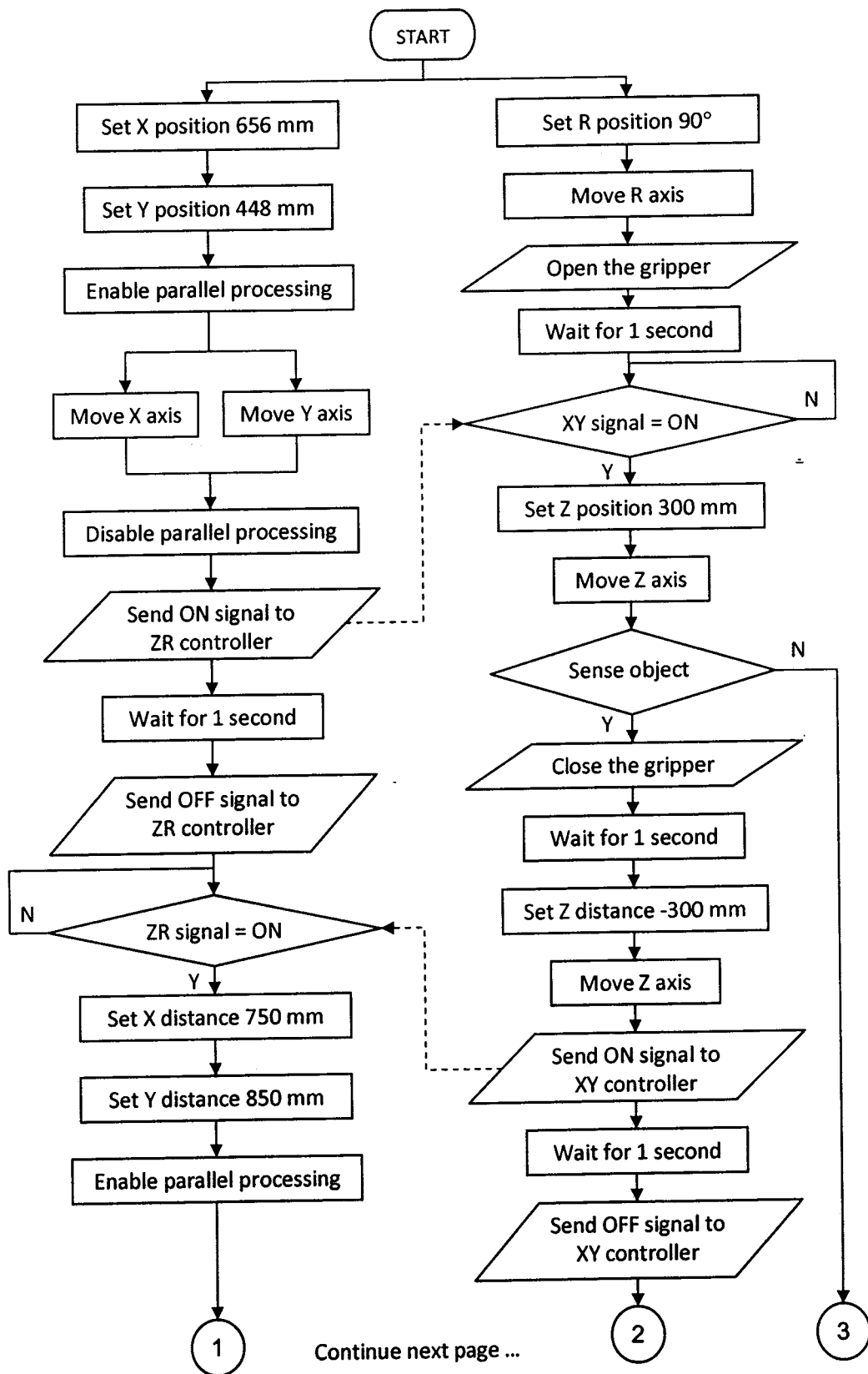
- Q3. [a] A gantry robot has a pneumatic gripper with optical sensor. The solenoid valve of the gripper is connected to Output 3 of the ZR motor controller. The optical sensor is connected to Input 2 of the ZR motor controller. Draw the electrical and pneumatic circuits connecting the devices.

Sebuah robot gantry mempunyai satu penggenggam pneumatik dengan penderia optic. Injap solenoid penggenggamnya disambungkan kepada Output 3 pengawal motor ZR. Penderia optiknya disambungkan kepada Input 2 pengawal motor ZR. Lukis litar-litar elektrik dan pneumatik yang menyambungkan peranti-peranti tersebut.

(20 marks/markah)

- [b] The flow chart in Figure Q3[b] shows the task of gantry robot to pick a component from a loading station and place it on a sliding table. The Output 1 and Input 2 of the XY motor controller is connected to the Input 1 and Output 4 of the ZR motor controller respectively. The Output 3 of the ZR motor controller is connected to the solenoid valve of the gripper. The input 2 of the ZR motor controller is connected to the optical sensor at the gripper. Write a program for the robot according to the given flow chart.

Carta alir dalam Rajah S3[b] menunjukkan tugas robot gantri bagi mengambil komponen dari satu stesyen pemungkah dan meletakkannya di atas sebuah meja meluncur. Output 1 dan Input 2 pengawal motor XY masing-masing disambung kepada Input 1 dan Output 4 pengawal motor ZR. Output 3 pengawal motor ZR disambung kepada injap solenoid penggenggam. Input 2 pengawal motor ZR disambung kepada penderia optik pada penggenggam. Tulis satu aturcara bagi robot tersebut mengikut carta alir yang diberikan.



Continue next page ...

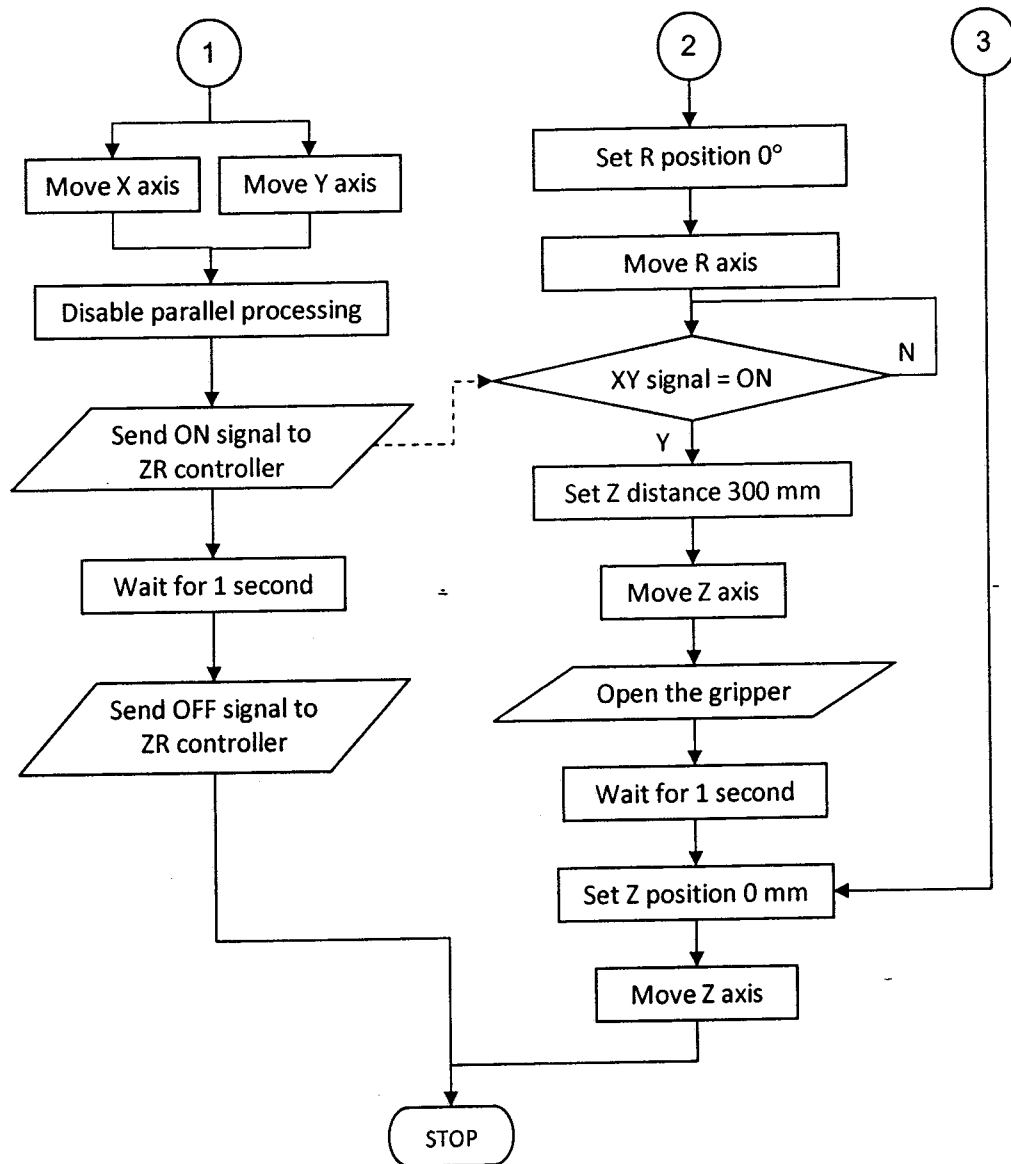


Figure Q3[b]
Rajah S3[b]

(50 marks/markah)

- [c] The motor controllers that are used in gantry robot provide jerk limit control. The user needs to write command RAMP1 1 or RAMP1 0 to either enable or disable axis 1 jerk limit control. Explain the difference occurs when jerk limit control is used by showing the sketches of motor velocity profile. Based on Figure Q3[c], explain what will happen to the stack of objects when jerk limit control is used and when jerk limit control is not used.

Pengawal-pengawal motor yang digunakan dalam robot gantri membekalkan kawalan had sentak. Pengguna perlu menulis arahan RAMP1 1 atau RAMP1 0 bagi membolehkan atau tidak kawalan had sentak paksi 1. Terangkan perbezaan berlaku apabila kawalan had sentak digunakan dengan menunjukkan lakaran susuk halaju motor. Berdasarkan Rajah S3[c], terangkan apa akan terjadi kepada tindakan objek apabila kawalan had sentak digunakan dan apabila kawalan had sentak tidak digunakan.

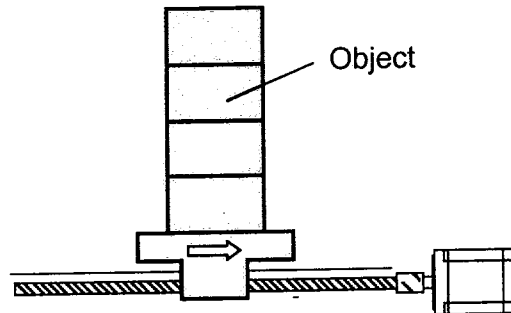


Figure Q3[c]
Rajah S3[c]

(30 marks/markah)

- Q4. [a] A programmable logic controller (PLC) is used as a master controller to synchronize PanaRobo controller and stepper motor controllers. A pick and place program has been loaded into memory 5 of the PanaRobo controller. Build a ladder diagram as a subroutine for the PLC to execute the program in the PanaRobo controller. State the required input/output connections between the PLC and the PanaRobo controller. -

Sebuah pengawal logik bolehaturlcara (PLC) diguna sebagai satu pengawal induk bagi menyegerak pengawal PanaRobo dan pengawal-pengawal motor pelangkah. Satu aturcara ambil dan letak telah dimuatkan ke dalam memori 5 pengawal PanaRobo. Bina satu rajah tetangga sebagai satu subrutin bagi PLC melaksanakan aturcara dalam pengawal PanaRobo. Nyatakan sambungan input/output diperlukan antara PLC dan pengawal PanaRobo.

(30 marks/markah)

- [b] A programmable logic controller (PLC) is used as a master controller to synchronize two stepper motor controllers. A program for gantry robot to pick and place a component has been loaded into memory 5 of each motor controller. Build a ladder diagram as a subroutine for the PLC to execute the program in both motor controllers. State the required input/output connection between the PLC and both motor controllers.

Sebuah pengawal logik bolehaturlcara (PLC) diguna sebagai satu pengawal induk bagi menyegerakkan dua buah pengawal motor pelangkah. Satu aturcara bagi robot gantri mengambil dan letak sebuah komponen telah dimuatkan ke dalam

memori 3 setiap pengawal motor. Bina satu rajah tetangga sebagai satu subrutin bagi PLC melaksanakan aturcara dalam kedua-dua pengawal motor. Nyatakan sambungan input/output diperlukan antara PLC dan kedua-dua pengawal motor.

(30 marks/markah)

- [c] A programmable logic controller is used as master controller to synchronize a PanaRobo robot and a gantry robot in assembling four components into a product. Table Q4[c] shows a list of subroutines to execute the programs for both robot tasks. Arrange the subroutines in a proper sequence and build a ladder diagram as the main program to execute the sequences. The movement of the sliding table is included in the program of PanaRobo robot.**

Sebuah pengawal logik bolehatuturcara sebagai pengawal induk untuk menyegerakkan sebuah robot PanaRobo dan sebuah robot gantri dalam memasang empat komponen menjadi sebuah produk. Jadual S4[c] menunjukkan satu senarai subrutin-subrutin bagi melaksanakan aturcara-atuturcara untuk tugas kedua-dua robot. Susun subrutin-subrutin tersebut dalam satu urutan yang baik dan bina satu rajah tetangga sebagai aturcara utama bagi melaksanakan urutan-urutan tersebut. Pergerakan meja meluncur termasuk dalam aturcara robot PanaRobo.

Table Q4[c]
Jadual S4[c]

Subroutine	Robot	Component	From	To	Duration (Seconds)	Preceding subroutine
1	Gantry	A	A loading station	A sliding table	35	None
2	Gantry	B	B loading station	B sliding table	40	None
3	Gantry	C	C loading station	C sliding table	25	None
4	Gantry	D	D loading station	D sliding table	20	None
5	PanaRobo	A	A sliding table	Assembly station	12	1
6	PanaRobo	B	B sliding table	Assembly station on A	13	2 5
7	PanaRobo	C	C sliding table	Assembly station on B	10	3 6
8	PanaRobo	D	D sliding table	Assembly station on C	8	4 7

(40 marks/markah)

- Q5. [a] Explain, with the help of sketches, the serial and parallel kinematic chains that are used in a robot structure.**

Terangkan, dengan bantuan lakaran, rantai-rantai kinematik sesiri dan selari yang digunakan dalam satu struktur robot.

(20 marks/markah)

- [b] Sketch the configuration of spherical robot manipulator and describe the movement of its joints, axes and links. Sketch also the work envelop that can be reached by the manipulator.**

Lakarkan konfigurasi pengolah robot sfera dan huraikan pergerakan sendi, paksi dan rangkainya. Lakarkan juga ruang kerja yang boleh dicapai oleh pengolah tersebut.

(30 marks/markah)

- [c] Refer to the engineering drawing of PanaRobo shown in Figure Q5[c], calculate the joint coordinate for joint 1, 2 and 3 if the robot is required to position its tool center point to point PW1 in Cartesian coordinate.**

Merujuk kepada lukisan kejuruteraan PanaRobo ditunjukkan dalam Rajah S5[c], kira koordinat sendi bagi sendi 1, 2 dan 3 jika robot tersebut perlu memposisikan titik pusat perkakasnya pada titik PW1 dalam koordinat kartesian.

$$PW1: X = -55.58, Y = +401.22, Z = +251.36, P = -93.83, R = -6.32, F = 1$$

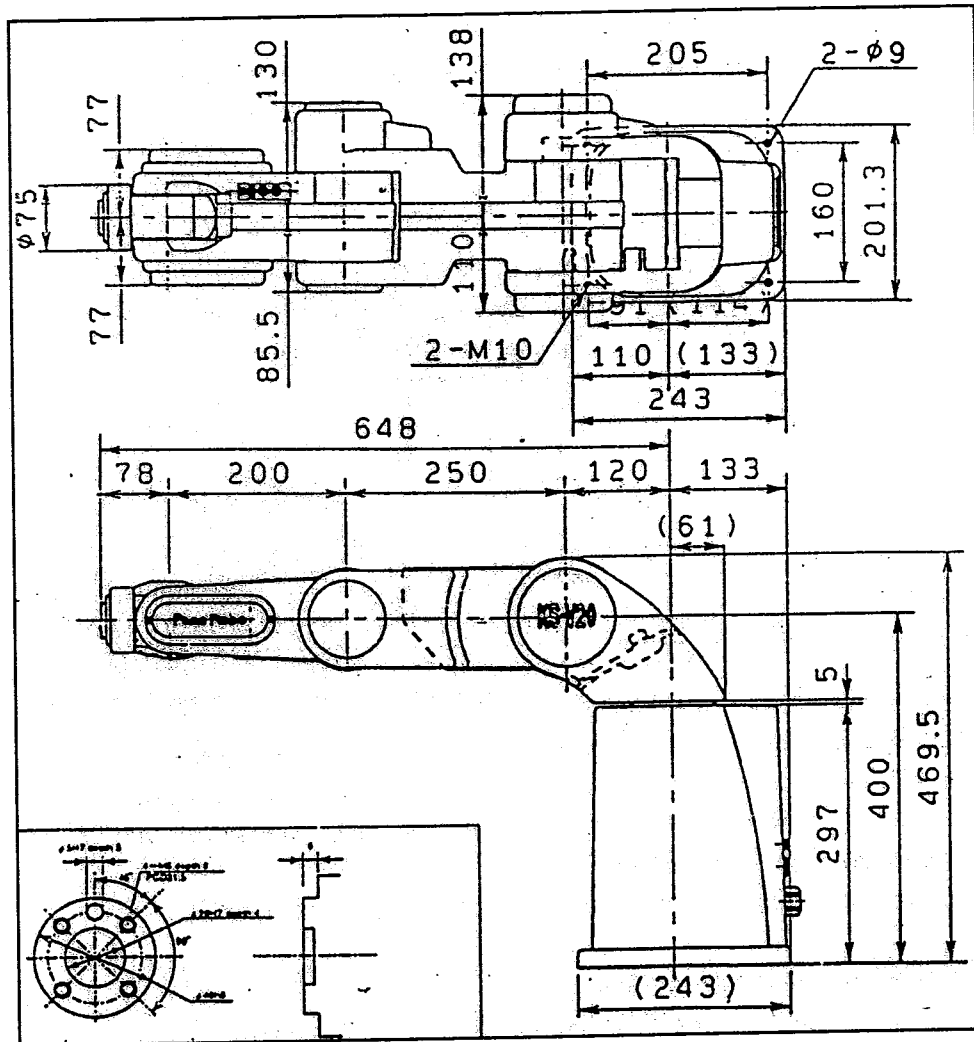
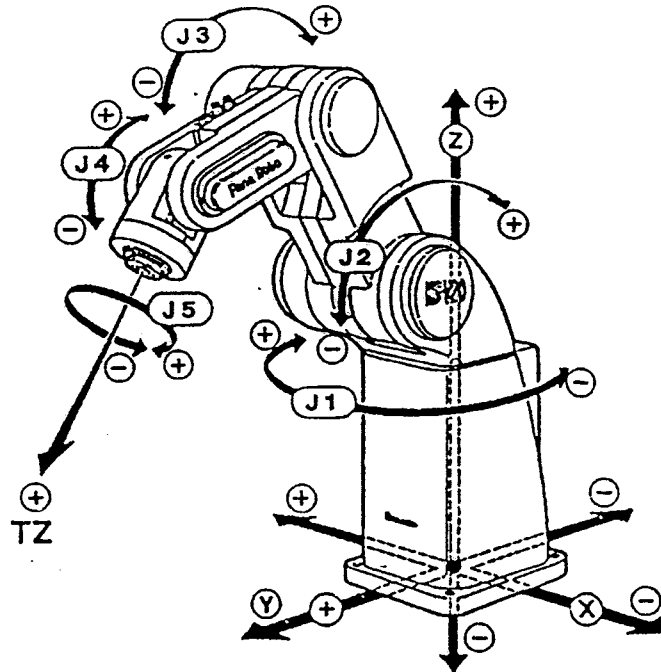


Figure Q5[c]
Rajah S5[c]

(50 marks/markah)

- Q6. [a] Based on Figure Q6[a], state and describe the **THREE** coordinate systems that exist in PanaRobo.

Berdasarkan Rajah S6[a], nyatakan dan huraikan **TIGA** sistem koordinat yang terdapat pada PanaRobo.



Rajah S6[a]
Figure Q6[a]

(15 marks/markah)

- [b] Given the world coordinates for a four axes robot shown in Figure Q6[b] as $x = 300$ mm, $y = 0$, $z = 500$ mm, and $\alpha = 45^\circ$; and given that the links have values $L_0 = 0$, $L_1 = 400$ mm, λ_3 has a range from 200 mm to 350 mm, and $L_4 = 25$ mm, determine the joint angles θ_1 , θ_2 , λ_3 , and θ_4 .

Diberi koordinat dunia untuk sebuah robot empat paksi yang ditunjukkan di dalam Rajah S6[b] sebagai $x = 300$ mm, $y = 0$, $z = 500$ mm, dan $\alpha = 45^\circ$; dan diberi penyambung yang mempunyai nilai $L_0 = 0$, $L_1 = 400$ mm, λ_3 mempunyai julat daripada 200 mm ke 350 mm, dan $L_4 = 25$ mm, tentukan sudut sendi θ_1 , θ_2 , λ_3 , dan θ_4 .

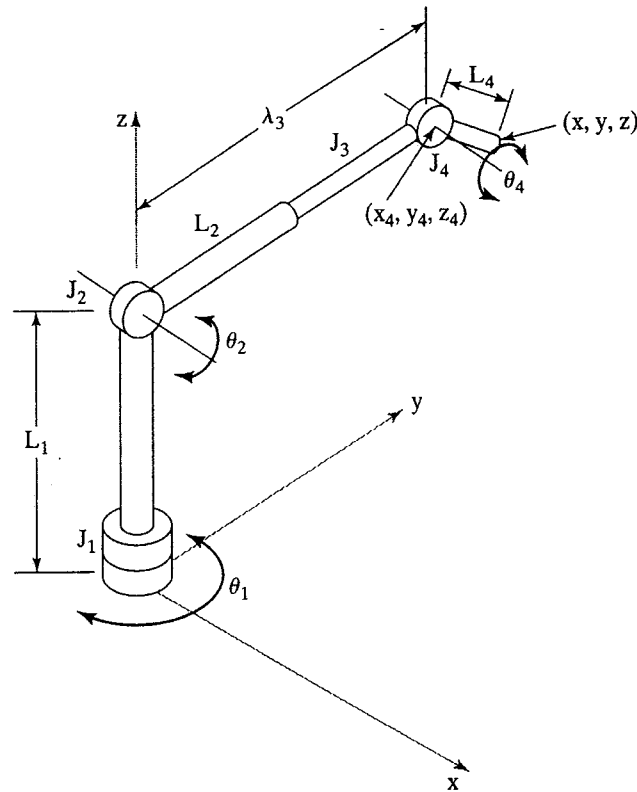


Figure Q6[b]
Rajah S6[b]

(40 marks/markah)

- [c] The links of the robot manipulator in Figure Q6[c] have the following lengths: $L_1 = 500$ mm, $L_2 = 400$ mm, and $L_3 = 25$ mm. Determine the values of θ_1 , θ_2 , and θ_3 that position the end-of-arm at the (x, z) world coordinate values of $(650$ mm, 250 mm), and $\alpha = 0^\circ$.

Sambungan pengolah robot di dalam Rajah Q6[c] mempunyai panjang seperti berikut: $L_1 = 500$ mm, $L_2 = 400$ mm, dan $L_3 = 25$ mm. Tentukan nilai θ_1 , θ_2 , dan θ_3 yang menetapkan kedudukan hujung lengan (x, z) pada nilai koordinat dunia $(650$ mm, 250 mm), dan $\alpha = 0^\circ$.